

知識大圖解

HOW IT WORKS

國際中文版 | 英國BBC集團官方授權

人體的血液循環
如何進行？

深入瞭解
地球的
內部構造

一探
基因與DNA的
奧秘

全球暖化、
氣候變遷
究竟是真是假？

火山活動的
成因為何？

鴨嘴獸真的
屬於哺乳綱？

中國 自然科 大圖解

切合十二年國教自然科學課程綱要，
深入探究自然界的組成、現象和永續發展

LiveABC

英語數位學習第一品牌

本書符合「十二年國民基本教育自然科學課程綱要」的內容與頁數如下：



生命的特性

- 10 微觀科學
- 16 解剖細胞核
- 17 細胞的能量來源
- 18 細胞的規模
- 20 細胞：人體的基本組成單元
- 22 羅伯特·虎克

生物體的營養

- 26 維生素與礦物質
- 28 認識碳水化合物
- 30 身體中的糖
- 31 食物中的脂肪
- 32 人體消化系統深度之旅
- 41 60秒懂科學——光合作用

生物體內的運輸與防禦

- 44 血液功能大解析
- 48 動物的心臟如何運作？
- 50 人類心臟大圖解
- 58 免疫系統
- 64 病毒的奧秘
- 70 認識冠狀病毒
- 72 疫苗怎麼拯救性命？

生物體的協調作用與恆定性

- 76 神經系統大觀
- 78 感覺系統的運作
- 82 植物如何向光生長？
- 82 食蟲植物
- 83 種子怎麼生長？
- 84 低溫症 vs 高熱症
- 86 人體的呼吸作用



生殖與遺傳

- 90 植物的繁殖
- 92 基因大革命
- 98 怎樣對食物進行基因改造？
- 100 複製動物知多少

生物與生態系

- 106 浮游植物的重要性
- 108 神祕的菇類
- 109 認識蕨類
- 110 強大的苔蘚
- 111 松樹的生活史
- 112 動物王國
- 120 見識活化石
- 124 達爾文的旅程
- 130 探索自然界中的共生關係
- 136 地球的陸上棲地

8上
年級

人類與環境

- 140 氣候變遷大解密
- 148 身陷毒害危機
- 152 異種入侵

9上
年級

元素與化合物

- 160 解讀週期表
- 162 致命化學物質
- 166 解構原子
- 170 尼爾斯·波耳

力與運動

- 174 重力

大地

- 182 冰河為何會退卻？
- 184 寶石
- 186 岩石的循環
- 187 風蝕過程
- 188 何謂海岸侵蝕？

地球的構造

- 192 地球的結構
- 194 超級火山
- 202 地震

太空與地球

- 206 太陽系誕生
- 210 15 大不為人知的真相：日食與月食

9下
年級

電與磁

- 216 破解磁力
- 220 深度解析電磁學和其應用

多變的天氣

- 228 地球的大氣層
- 229 全球風向模式
- 230 觀雲知天氣
- 232 種雲是什麼？
- 233 乾旱為什麼會發生？
- 234 氣象預測

能源科技

- 238 電力大解密
- 242 未來的能源
- 250 核能



解剖細胞核 Inside a nucleus

IA 外覆細胞質的細胞核內含細胞的去氧核糖核酸（簡稱 DNA），控制了移動和複製等的細胞功能與程序。

細胞有兩種主要類型：真核細胞和原核細胞。真核細胞具有細胞核，原核細胞則否。有些真核細胞有超過一個細胞核（即多核細胞），會在細胞融合或分裂時，於細胞質中產生兩個或以上的細胞核。

核仁位於細胞核的中心，對核糖體的形成至關重要。核糖體會以胺基酸製造生長和修復所需的蛋白質。

細胞中的細胞核

探索由細胞核所主導的結構並認識它的各個夥伴

細胞核相當重要，是細胞中最受保護的部分。在動物細胞中，細胞核位於接近中央且遠離細胞膜的位置，藉此獲得最大程度的緩衝。除了外覆果凍狀的細胞質外，細胞核本身也充滿了核質（一種維持其結構完整性的黏性液體）。

反之，在植物細胞中，細胞核的位置則較為分散，因為植物細胞中的液泡較大，細胞壁亦會提供額外保護。◎

真核細胞的內部構造

① 核孔 Nuclear pore

這些通道控制了細胞核和細胞質間的分子進出。

② 核膜 Nuclear envelope

如一堵牆般保護細胞核內的 DNA，負責控管細胞質與細胞核間的物質進出。

③ 核仁 Nucleolus

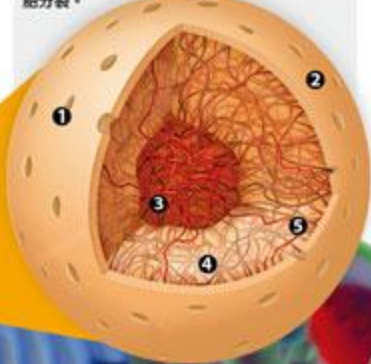
核仁由蛋白質和核糖核酸（簡稱 RNA）組成，是細胞核的心臟，負責製造核糖體。

④ 核質 Nucleoplasm

這種半液體狀、半果凍狀的材質包裹著核仁並維持細胞的結構。

⑤ 染色質 Chromatin

負責產生染色體，透過濃縮 DNA 分子，輔助細胞分裂。



細胞核

核糖體 Ribosomes

由兩個分開的實體構成，負責製造可供細胞內外所用的蛋白質。

高基氏體 Golgi apparatus

以義大利生物學家卡米洛·高基的名字命名，負責製造溶酶體與修飾蛋白質。

溶酶體 Lysosome

這個細胞器小而圓，含有能攻擊入侵細菌的消化酵素。

粒線體 Mitochondrion

具有兩層膜，透過細胞呼吸作用分解養分，為細胞供給能量。

沒有細胞核的細胞要如何生存？

原核細胞比真核細胞原始許多，體積至多可小上 100 倍。由原核細胞構成的生物包括細菌。原核細胞的功能比其他細胞少，無需以細胞核作為生物體的控制中心。

相反地，這些細胞的 DNA 在細胞內游移，並未被包圍在細胞核內。它們並無葉綠體和膜狀胞器，不會像真核細胞那樣，以有絲分裂或減數分裂等形式進行細胞分裂。

原核細胞進行無性分裂，DNA 分子會自我複製，此過程被稱為「二分裂」（binary fission）。



答案：粒線體裡的去氧核糖核酸（簡稱 DNA）僅源自母親的卵子。受精後，父親精子中的對應 DNA 就會被摧毀。這項研究員得以追溯至數百年前的母系遺傳。

你知道嗎？當粒線體異常時，便會引發粒線體疾病，症狀千變萬化。

細胞的能量來源

What powers your cells?

粒線體負責將食物中的養分轉換為能量，因此有「細胞的電池」之稱。透過結合氧氣和食物分子（如葡萄糖），粒線體便能產生名為「三磷酸腺苷」（簡稱 ATP）的能量。

然而，粒線體是個多功能胞器，也與細胞的傳訊、生長與循環有關。粒線體會先調控負責製造 ATP 的「克氏循環」（Krebs Cycle），藉此調節新陳代謝（維持生命的

反應），進而執行前述的細胞功能。

人體細胞幾乎都有粒線體（可見於多數的真核細胞）。後者的細胞膜內有細胞核和其他胞器。換句話說，缺少這些特徵的細胞（如紅血球細胞）就沒有粒線體。粒線體的數目會隨著細胞種類而異；心臟細胞等高耗能細胞就擁有數千個粒線體。對多數生物而言，粒線體至關重要，人類、動植物都擁有這種胞器，但細菌則否。

粒線體與所有生命的演化密切相關。科學家認為粒線體是由 10 多億年前的兩個細胞演化而來。較大的細胞裹住了另一個細胞。後來，外部細胞得仰賴內部細胞所製造的能量，內部細胞則由外部細胞負責保護。

內部細胞後來變成了粒線體，外部細胞則演化成大型細胞結構的基本單位。這個過程即所謂的「內共生學說」。

粒線體結構

一同參觀細胞的能量工廠

ATP 合成

ATP 是細胞基本的能量單位，由 ATP 合成酶在內膜與基質的交界處製造。

粒線體 DNA

粒線體有自己的去氧核糖核酸（簡稱 DNA），可進行分裂和複製。



磷脂雙層膜

每個粒線體的表面為雙層膜，由磷脂和脂質組成。

外膜

含有大型的通道蛋白質，可控制物質的進出。

內膜

這一層膜內含許多重要蛋白質，會調節粒線體內的能量製造，包括 ATP 合成酶。

膜間隙

含許多蛋白質和離子，可透過濃度梯度和離子幫浦，控制進出胞器的物質。

膜皺褶

內膜裡的許多皺褶可增加表面積，讓活動度高的細胞得以製造更多能量。

基質

粒線體基質含酵素、核糖體和 DNA，皆為能量製造反應中的要件。



日常生活中的活動（如運動、刷牙等）皆需要消耗能量。

細胞裡有多少粒線體？

粒線體的數目取決於細胞的活躍度，以及需要多少能量才能運作。一般來說，低耗能細胞並無粒線體，高耗能細胞則有數千個粒線體。高耗能細胞（包括心臟肌肉或忙碌的肝細胞）就算在睡眠期間也很活躍，需要很多粒線體，才能維持功能。若有在訓練肌肉，這些細胞就會發展出更多粒線體，以提供更多能量。



細胞的規模

The scale of cells

一般成年人的身高約 160 至 180 公分，體內約有 37 兆個細胞。不過，若將人體的每個組織和細胞排成一直線，則會延伸得更遠。要是把去氧核糖核酸（簡稱 DNA）的長度也算在內，得出的結果可是個天文數字。

人體內的細胞大多有 23 對染色體，每條染色體由緊密交纏的螺旋狀 DNA 組成。若能解開一個細胞中的所有 DNA，其總長可達 200 公分左右。一般人體內估計有 37 兆 2000 億個細胞，若將所有解開的 DNA 首尾相連，其長度可達驚人的 747 億公里，足以往返地球與太陽近 250 次！

去氧核糖核酸 DNA
若將人體中的 DNA 全解開，
其總長將可達 747 億公里。

你的 DNA 若全部解開，便可往返地球與太陽近 250 次！



有鞘神經元 Myelinated neurons

光是腦部就有數十億個神經元，因此很難估算人體的神經纖維總長。一項 2003 年的丹麥研究發現，平均 20 歲者的腦內白質纖維有長 14 萬 9000 至 17 萬 6000 公里的神經纖維。若將整個腦部和其他身體部位也算進去，這數字無疑會再攀升。



血管 Blood vessels

動脈、靜脈和微血管在體內形成了巨型網路，負責將血液運送到身體各處。最長的血管是大靜脈，從大腿延伸至腳尖；最短的血管則是細小的微血管。有些微血管不到 5 微米（0.005 公厘）——比人髮寬度的三分之一還短。

紅血球 Red blood cells

一般成年人體內約有 20 兆至 30 兆個紅血球，比體內其他細胞的總和還多。紅血球是人類最小細胞的一種，長約 6 至 8 微米（0.006 至 0.008 公厘）。紅血球尺寸迷你，形似雙凹盤，因此表面積對體積的比值較高，可攜帶更多氧氣。

公尺

消化道
Digestive tract
大小腸長度寬度，而非長度命名。小腸雖長，但相對較窄；大腸雖較短，卻較寬。

「若能解開一個細胞中的所有 DNA，其總長可達 200 公分左右」

指 / 指甲
每年生長
的長度

每小時被替換
的紅血球數量
總長

快速替換

Rapid replacement

紅血球會持續汰舊換新，平均週期介於 100 到 120 天。每秒約有 200 萬個紅血球死亡，並由骨髓生成的新細胞取而代之。

腎臟濾管

Kidney filter tubes

腎臟每天會過濾全身血液，以排除體內廢物和毒素。每顆腎臟約有 100 萬條名為腎元的微小管子，可藉此濾血液保持潔淨。

公里

你知道嗎? 人體的微血管總面積超過 2500 平方公里，可供血管與組織交換氣體、養分與代謝廢物

比人體還大

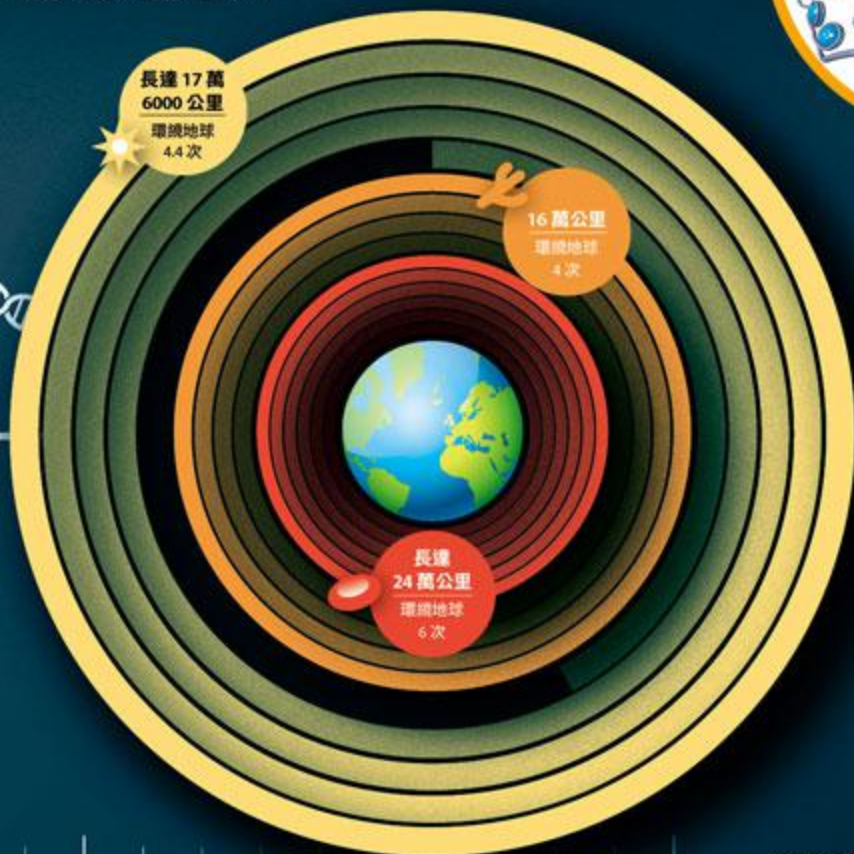
一探神經纖維、血管和紅血球總長

組蛋白和 DNA 分子之間的異性電荷相吸可讓緊密的鏈結生成



節省空間的 DNA

細胞核僅 2 到 10 微米寬 (0.002 至 0.01 公釐)，如何容得下數量龐大的 DNA？每條雙螺旋纏繞著組蛋白，形成名為核小體的結構。在顯微鏡下看起來就像串珠。這些核小體會捲起，將 DNA 分子壓成更密實的纖維。這些纖維再緊密折疊成 250 奈米寬的纖維：染色體便是由這些纖維組成。其編排可經調整，好在須「讀取」轉錄或複製過程中的 DNA 分子時，打開局部的 DNA 雙股螺旋。既然這些構造變化是可逆的，在這些程序完成後，DNA 便會回復到原本的小巧型態。



腎臟中的濾管

速度最快的神經脈衝在 1 小時內可傳遞的距離

風馳電掣的脈衝訊號 Superfast signals

不同神經的脈衝傳遞速度各有差別。速度最快的是有鞘神經元，其軸突被電線纖維般的髓鞘所包裹。這些神經通常負責感官偵測，如視覺。

皮膚細胞

最大的器官 Largest organ

皮膚是人體最大的器官，一般成人的皮膚覆蓋面積為 1.6 至 1.8 平方公尺。若將這些細胞首尾相接，長度則會相當驚人。

200

250

300

350



細胞： 人體的 基本組成 單元

Cells: the body's
building blocks

從 微觀的角度來說，人體是由超過 37 兆個基本單元（即細胞）所組成。細胞扮演著特殊要角，藉此維持人體的運作，同時發揮各種功能，維護細胞自身的健康。是否曾想過：人類的身身為何如此複雜？原因就在於這些主宰生命的微型活體元件。細胞不僅是活的，還是決定有機體能否成為生物的關鍵。

人體內有許多日以繼夜工作的細胞。各細胞隨時都在執行數以千計的例行任務，其中的各式胞器（細胞的器官）已演化出能有效完成工作的能力。雖然人體各處的細胞都有共同的構造，但仍可分成逾 200 大類，每類都有專屬的結構和功能。

認識細胞意味著認識自己。細胞之所以被稱為生命的組成單元，就是因為它們是構成體內各系統的最小單位。每個細胞都執行特定功能，好比肌肉細胞負責收縮。同類型的細胞群聚，形成一種組織。肌肉組織內的細胞有著共同目標：同步收縮，以製造更大的力量。肌肉組織進而與其他種組織（如負責指揮肌肉的神經細胞）連結，組成了多功能系統，建立人體的複雜構造。系統間相互依存，以完整執行其重要職責。這一切多虧了小小細胞的驚人能力。

細胞核與核仁 Nucleus and nucleolus

位於中央的細胞核內含基因資訊，能調節細胞的生長與代謝。細胞核內有個名為「核仁」的更小構造，能製造核糖體，再將之送到細胞核之外。

核糖體 Ribosomes

於細胞核內形成，負責將胺基酸合成酵素、激素等蛋白質，供細胞內部使用。

內質網

Endoplasmic reticulum
簡稱 ER，與其表面附著的核糖體協作，能分析蛋白質並判斷處理方式。

細胞骨架 Cytoskeleton

為纖維和細絲構成的格狀結構，是細胞的支架，有助於維持細胞的形狀並限制胞器的移動。

粒線體 Mitochondrion

為細胞的發電廠，能產生細胞內部反應所需的化學能。這些能量以名為「三磷酸腺苷」（簡稱 ATP）的微小分子形式生成。

細胞之間有名為「細胞連結」（cell junction）的蛋白質結構，能將相鄰的細胞（如皮膚細胞）連在一起。

中心粒 Centrioles

這種像管狀的胞器在細胞核附近成對存在，會於細胞分裂的過程中移動至細胞核兩側，協助分離染色體。

細胞的構造

一探動物細胞中的常見胞器

囊泡 Vesicle

這種胞器能協助細胞內外的運輸工作。分泌囊泡會與細胞膜融合，透過「胞吐作用」（exocytosis），將細胞內的物質釋放至細胞外。



高基氏體 Golgi complex

會將分子從內質網運送至有需要之處，亦能修飾這些分子，賦予特定的功能。

最長壽的細胞

隨著我們年齡漸增，多數的人體細胞都會歷經汰換更新，但腦細胞例外。腦部神經元大多從受孕那一刻起就存在，不會像其他細胞那般進行分裂，僅在生病、受損或人體死亡時才會死去，科學家已成功將小鼠的腦細胞移植至大鼠身上，證明了只要有健康的環境，腦細胞就能繼續生存。該實驗所移植的腦細胞在新宿主身上的存活時間是原本小鼠壽命的兩倍。

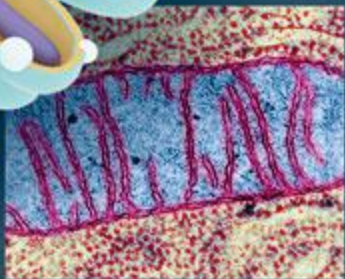
微絨毛 Microvilli

為細胞膜的一部分，不僅能保護細胞內部，還增加了表面積。如此一來，便能吸收更多養分、排出更多有害物質。

從這張電子顯微鏡照中，可見絨毛的外膜平整光滑，內膜則充滿皺褶。

溶小體 Lysosome

這個酸性的小型胞器得維持低酸鹼值，內部的消化酵素才能作用。這些酵素能分解分子，釋出其中的養分供細胞使用，同時去除細胞內的廢物。



羅伯特·虎克

Robert Hooke

來認識這位發現生命最小單位的英國學者

這位 17 世紀的科學家從不畫地自限，涉獵了數學、機械學、生物和天文等領域，對現今的科學知識貢獻卓著。羅伯特·虎克生於英格蘭南方外海的懷特島，原先對藝術充滿熱情，後來才發展出多元的興趣。

13 歲前，虎克皆與父母同住，幼時體弱多病，很晚才開始接受教育。由於沒有上學，童年時期的虎克常待在寢室裡畫畫。然而，這並未阻止虎克展現天賦。後來，他進入倫敦的西敏公學就讀，就此踏上科學研究之路。就學後，虎克發現除了繪畫外，他特別擅長數學、機械學和語言。

許多人都知道虎克在顯微鏡學領域的成就，但在 1653 年進入牛津大學基督堂學院就讀後，虎克其實花了很多時間製作望遠鏡。

不久後，他在 1660 年發現了一項物理定律（之後被命名為「虎克定律」）：用於拉長或壓縮彈簧的外力與彈簧的伸長量成正比。

1662 年，皇家學會成立滿兩年，虎克被任命為學會的試驗負責人。皇家學會是現今最悠久的獨立科學組織。虎克對各科學領域涉獵廣泛，讓處於草創階段的學會順利運作。任職期間，他與成員一同進行了許多實驗，成果豐碩。1663 年，對氣象學和航海感興趣的虎克協助發明或改良了五大氣象儀器：氣壓計、溫度計、濕度計、雨量計和風速計。

虎克最為人知的成就當屬發現活體細胞。但在這項成就背後，還有多項較鮮為人

人知的顯微鏡學發現。在探索當時顯微鏡放大倍率極限的過程中，他發現了黴菌孢子，成為首位以顯微鏡檢視不同類型化石的人，並揭開蚊子與蟲子的吸血方法。

1666 年倫敦大火後，虎克獲得經手建築事務的機會，進一步擴展自身專業領域。他與克里斯多福·雷恩爵士一同設計了大火紀念碑。這兩位負責的建築師皆是科學家，決定讓紀念碑在美觀之餘兼具實用性。虎克在這座 60 公尺高的建物之下打造了一間地底實驗室，供他進行多項科學實驗；紀念碑中央的通道則是為了容納大型望遠鏡而設。

虎克幾乎涉足了所有科學領域。自 1703 年逝世至今，科學家在探索由他開啟的顯微世界之際，仍持續受到其研究成果的啟發與幫助。正如他在自己的著作《微物圖誌》中所說：「憑藉望遠鏡，再無過於遙遠而不可觀者；憑藉顯微鏡，再無過於細微而不可察者。」

第一位 發現細胞的人

所有生命皆由細胞組成。相關研究讓生物學家瞭解有機體如何演進生命，醫學科學領域亦得以展開新頁。然而，在 1665 年前，沒人看過細胞。亟欲探索微觀世界的虎克為了觀察更微小的細胞，重新改良了他的複合式顯微鏡設計。

他使用了三塊透鏡和一薄層鉛，藉此放大看到的事物，光線也讓細胞更清晰。當他將軟木塞放到改良版顯微鏡底下時，看到了先前看不見的結構。顯微鏡下的軟木塞上布滿孔洞，像棋盤的外觀讓虎克聯想到修道院的單人小房間，遂將這些結構命名為「細胞」(cell)。



軟木塞細胞是虎克所觀察到的細胞

羅伯特·虎克的 5 大軼事

- 「ceiiinosssttuu」**
為了避免他人在自己完成研究前剽竊心血，虎克最初是以字謎的形式發表彈性定律。該字謎的解法是「ut tensio, sic vis」，亦即拉丁文的「伸張正如其力」。
- 為學會服務多年**
身為皇家學會的試驗負責人，其職責包括在每週學會定期召開的會議上提出有潛力的新實驗計畫。
- 太空探索**
虎克的發現甚至擴及地球之外。他發現獵戶座的一顆恆星，也率先觀察到木星這顆氣態巨行星繞自轉軸轉動。
- 記憶模型**
曾定義了一種與人類記憶有關的科學模型，雖是該領域的創舉，卻被忽視，直到 200 年後另一位科學家發表了類似理論，才再次受到討論。
- 富有藝術感的科學著作**
從小對繪畫便深感興趣。運用自身的化學知識，以鐵礦、白堊和煤炭製作顏料。後來，亦為自己的幾部科學著作繪製插圖。

1657

發明能改善擺鐘設計的零件「錘形擒縱器」，這種齒輪能讓時鐘持續運作。

1663

被任命為試驗負責人一年後，虎克獲選為皇家學會院士。

1664-1665

在這幾年間，致力研究彗星。1666 年，發表著作《彗星》(Cometa)。

1660

發現虎克定律（彈簧伸長量與受力大小成正比），但直到 1676 年才將其公開。

1665

發現細胞後，虎克出版了《微物圖誌》，書中收錄他以顯微鏡觀察的標本插圖。

1703

3 月 3 日，於倫敦逝世，享年 67 歲。